©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Untersuchungen über die Bildung der Knorpelgrundsubstanz.

Von Dr. **A. Spina,**
Assistenten am Institute für allgemeine und experimentelle Pathologie in Wien.

(Mit 1 Tafel.)

Die Grundsubstanz des hyalinen Knorpels galt seit jeher als das Prototyp der Intercellularsubstanzen. Die an ihr gewonnenen Erfahrungen waren grundlegend für die Betrachtung über andere Grundsubstanzen, insbesondere für die Betrachtung über die genetische Bedeutung derselben.

Zur Zeit der Herrschaft der Blastemtheorie sah man jede Intercellularsubstanz als eine mit allen Characteren des Kytoblastems ausgestattete Materie an.

Unter Umständen nannte man diese Materie einen „Erguss". Die Bezeichnung „Erguss" wurde für die Intercellularsubstanz des Knorpels nicht allein aus Gründen speculativer Natur, etwa im Sinne der Blastemtheorie angewendet, es war vielmehr eine wiederholt gemachte anatomische Beobachtung für die Wahl dieses Terminus massgebend. Man fand nämlich, dass der Rand von vielen Knorpeln nur von der homogenen Intercellularsubstanz gebildet werde, und dass diese noch über die äussersten Zellen hinaus sich in Form eines zarten Überzuges hinziehe.

In und aus diesem Ergusse sollten Kerne und um diese herum die von Membranen umgebenen Knorpelzellen entstehen.

Nach Schwann's[1] an Fischknorpeln angestellten Untersuchungen sollten dann sowohl die Zellen wie die zwischen ihnen liegende Substanz unabhängig von einander an Volumen

[1] Mikrosk. Untersuchungen. 1839.

zunehmen. Aber schon im Jahre 1841 trat Henle[1] gegen die Wachsthumsfähigkeit der Knorpelgrundsubstanz auf. Er erklärte, dass ihre Massenzunahme keineswegs eine absolute sei, sondern dass dieselbe vielmehr auf Kosten der Zellen erfolge. Die Zellen, sagte Henle, besitzen Membranen, welche sich nach und nach zu Schalen verdicken und mit den Schalen anderer Zellen zu einer continuirlichen Masse, der Intercellularsubstanz, verschmelzen. Es gebe, behauptete Henle des Weiteren, zwei Arten von Knorpelzellen; erstens solche mit Membranen — Zellen, welche noch keine Intercellularsubstanz gebildet haben — und zweitens solche ohne Membranen, also Zellen, bei denen die Grundsubstanzbildung als beendet anzusehen ist.

Die Richtigkeit dieser Theorie musste aber einer erneuerten Prüfung unterzogen werden, als Remak[2] die von Schleiden und Schwann vertretene Lehre von der extracellulären Neubildung von Gewebselementen als unerwiesen hingestellt hatte. Seit dieser Zeit ging man mit besseren Kriterien an das Studium der Intercellularsubstanzen.

Man gelangte bald zu der Erkenntniss, dass die erste Anlage des Knorpels hüllenlose Primordialzellen ohne nachweisbare Grundsubstanz seien, und dass demnach die Grundsubstanz als ein secundäres Product angesehen werden müsse.

Das Verdienst dieser Anschauung in Bezug auf das entwickelte Knorpelgewebe eine stricte Fassung gegeben zu haben, muss gleichfalls Remak[3] zugeschrieben werden.

Remak hat seine Ansicht, wie folgt, formulirt: Zwischen der äusseren und der inneren Membran, dem sogenannten Primordialschlauche der Knorpelzellen wird die Knorpelgrundsubstanz abgelagert, die äussere Membran schwindet hierauf und die Schalen der „Parietalsubstanz“ verschmelzen untereinander zur Intercellularsubstanz.

Remak nützte indessen die durch die embryologischen Untersuchungen zu Tage geförderten Resultate nur einseitig aus. Während er nur den einen Theil derselben, die Erfahrung nämlich, dass die Knorpelgrundsubstanz secundär entstehe, in seine

[1] Allgemeine Anatomie. 1841.

[2] Entwicklungsgeschichte. 1852.

[3] Müller's Archiv. 1852.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Hypothese einbezog, liess er die andere Erfahrung, dass die embryonalen Knorpelzellen membranlos seien, unbeachtet und setzte an ihre Stelle im Sinne der damaligen Zelltheorie die Annahme, dass die Knorpelzelle gleichwie die Pflanzenzelle eine Membran und einen Primordialschlauch besitze. Diese Einseitigkeit hatte eine energische Opposition gegen die Hypothese Remak's zur Folge.

Die Opposition bewegte sich nach zwei Richtungen hin. Eine Reihe von Forschern sah die Knorpelgrundsubstanz für ein Secret der Zellen an, eine andere Reihe hingegen hielt die Grundsubstanz für die zu Schalen metamorphosirten und unter einander verschmolzenen Oberflächen der Knorpelzellen. Die letzteren Forscher bezogen sich hiebei auf die wiederholt gemachte Beobachtung, dass sehr kleine Knorpelzellen von mächtigen Kapseln umgeben werden, ohne jedoch den Übergang dieser Kapseln in Grundsubstanz direct beobachtet zu haben.

Die von Fürstenberg[1] gemachte Angabe, dass je eine Knorpelzelle von einem System von concentrisch in einander gelagerten Schalen umgeben werde, kam beiden Auffassungen im gleichen Masse zu Statten. Denn die von Fürstenberg und später auch von Heidenhain[2] dargestellten Zellterritorien, so nannte man die um eine Zelle gelagerten Schalen, konnten sowohl durch die Annahme einer Secretion, wie durch die Annahme der Metamorphose der Zelloberflächen gleich gut erklärt werden.

Später machte Köllicker[3] darauf aufmerksam, dass gewisse Knorpelpartien sich in Schalensysteme nicht zerlegen lassen. Für diese Knorpel nahm nun Köllicker an, dass die Intercellularsubstanz zwischen den Zellenmembranen gebildet werde. Die in Schalen zerlegbare Grundsubstanz aber sei durch Metamorphose der Zelloberflächen entstanden.

Köllicker hat demgemäss für die Bildung einer und derselben Substanz zwei, principiell verschiedene Entstehungsmodi angenommen.

Die Hypothese von der Secretion der Intercellularsubstanz hat indessen in neuester Zeit viel an Wahrscheinlichkeit verloren.

---

[1] Müller's Archiv. 1857.

Studien aus dem physiol. Institut zu Breslau. 2. Heft. 1863.

[3] Handbuch der Gewebelehre. 1867.

Tillmanns[1] hat gezeigt, dass die Intercellularsubstanz der Knorpel Fibrillen enthalte. Es fällt nun gewiss schwer, angesichts dieser Thatsache anzunehmen, dass ganze Fibrillenbündel durch eine secretorische Thätigkeit der Knorpelzellen gebildet werden sollen.

Aber auch der Hypothese von der Umwandlung der Zellkapseln zur Grundsubstanz wurde in neuester Zeit von Kassowitz[2] jede Berechtigung abgesprochen. Die von Kassowitz erhobenen Einwände stützen sich auf das nicht constante Vorkommen der Zellkapseln, also auf einen Umstand, den Henle, wie früher mitgetheilt worden ist, gerade zu Gunsten der Hypothese von der Metamorphose der Zelloberflächen gedeutet hat.

Der Stand unserer Frage lässt sich demnach, wie folgt zusammenfassen:

Die Grundsubstanz des Knorpels ist zweifellos ein secundäres Product. Die Art aber, wie dieselbe gebildet wird, ist bis jetzt durch keine zuverlässige Beobachtung festgestellt.

Die Untersuchungen nun, welche ich über die Bildung der Knorpelgrundsubstanz angestellt habe, setzen mich in die Lage, auf einen neuen Bildungsmodus der Intercellularsubstanz der Knorpel aufmerksam zu machen. Es wird aus meiner Darlegung hervorgehen, dass die Knorpelgrundsubstanz nicht nur, wie man bis jetzt vermuthet hat, durch chondrogene Metamorphose der Zelloberflächen, sondern auch durch chondrogene Metamorphose ganzer Zellen oder ganzer Zellcomplexe gebildet werde.

I. Umwandlung von ganzen Knorpelzellen in Grundsubstanz.

Vergleicht man Knorpel von Embryonen mit denen von erwachsenen oder noch besser mit denen von alten Thieren, dann machen sich zwischen beiden auffällige Unterschiede in ihrem Baue geltend. Diese Unterschiede fallen um so grösser aus, je höher das Thier im Systeme steht.

---

[1] Archiv für mikrosk. Anatomie. X.

[2] Mediz. Jahrbücher. 1879.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Sie sind beispielsweise grösser bei einem Säugethiere als bei einem Thiere aus der Classe der Amphibien oder Reptilien. Die Unterschiede betreffen vorzugsweise das quantitative Verhältniss des Protoplosmas zu der Grundsubstanz. In Knorpeln von älteren Embryonen überwiegt die Masse des Protoplasmas um ein Vielfaches über die Masse der Grundsubstanz. Die Zellen sind dichter an einander gelagert und nur von schmalen Streifen der Grundsubstanz von einander geschieden.

Mit dem Alter des Thieres nehmen die herangewachsenen Zellen immer mehr an Zahl und an Grösse ab und die Grundsubstanz an Masse zu, bis im Knorpel alter Thiere nur mehr äusserst kleine und seltene Zellen und eine mächtig entwickelte Grundsubstanz angetroffen werden.

Die Zellarmuth ist beispielsweise in den Gelenksknorpeln von Greisen so gross, dass in einem Gesichtsfelde bei Hartnack's Objectiv Nr. 8 oft nur 2 bis 3 Zellen von der Grösse eines rothen Blutkörperchens gesehen werden.

Man hat bis jetzt auf die Unterschiede zwischen vollständig entwickeltem und embryonalem Knorpel wenig geachtet. Die Bezeichnung „reich- und armzelliger Knorpel" bezog sich auf zwei verschiedene Knorpelarten und war durchaus nicht in dem Sinne zu nehmen, dass man unter reichzelligem Knorpel jungen und unter armzelligem alten Knorpel zu verstehen hätte.

Es hat den Anschein, dass man sich bei der Aufstellung dieser Termini von dem Umstande leiten liess, dass auch in erwachsenen Thieren reichzellige Knorpel, sogenannte „Parenchymknorpel" vorkommen. Aber die Durchsicht der hierüber in der Literatur hinterlegten und mir zugänglichen Angaben lehrt, dass Parenchymknorpel zur Zeit der höchsten Entwicklung des Thieres nur bei niederen Thieren gesehen worden sind.

Es fragt sich nun, auf welche Weise nehmen die Zellen an Grösse und an Zahl ab und die Grundsubstanz an Masse zu?

Zerlegt man den knorpligen Überzug des in Alkohol gehärteten Humeruskopfes von einem erwachsenen Frosche in Schnitte und untersucht dieselben nach der von mir angegebenen Methode abermals in Alkohol, so kann man folgende Beobachtungen machen. Zunächst sieht man, dass die Leiber verschiedener Zellen von ungleicher Durchsichtigkeit sind. In den weniger durchsichtigen

Zellleibern sind die Kerne undeutlich contourirt. An vielen Stellen des Präparates ist die Trübung der Zellen, die verschwommene Contourirung der Kerne so ausgesprochen, dass die Zellen fast dieselben optischen Eigenschaften wie die Grundsubstanz darbieten (Fig. I). An anderen Stellen sehen endlich die Zellen der Grundsubstanz so ähnlich und ihre Begrenzung ist so undeutlich geworden, dass sie nur mit Mühe von der Grundsubstanz unterschieden werden können.

Derart veränderte Zellen stehen bald zerstreut, bald in kugel- oder cylinderförmigen Gruppen. Im letzteren Falle erscheint der Knorpel an der betreffenden Stelle zellenlos und nur eine sehr genaue Untersuchung lässt hie und da Andeutungen von einzelnen Zellen erkennen.

Oft gelingt es, Zellen zu finden, deren Leib zur Hälfte die eben erwähnten Veränderungen durchgemacht hat, während der andere Theil desselben noch den Charakter des Protoplasmas aufweist (Fig. I*a*).

Färbt man die Schnitte mit Eosin, so erfährt man, dass die Zellleiber sich um so schlechter färben, je ähnlicher sie der Grundsubstanz geworden sind.

Wendet man hingegen als Tinctionsmittel einen die Grundsubstanz färbenden Stoff, am besten Hämatoxylin, an, dann färben sich die Zellen um so tiefer, je weiter sie in ihrer Metamorphose vorgeschritten, je ähnlicher sie der Grundsubstanz geworden sind.

Ein anderer Ort, an welchem die Umwandlung der Zellen in Grundsubstanz beobachtet werden kann, sind Gelenksflächen von jugendlichen Menschenknochen, deren Längenwachsthum aber schon beendet ist. Untersucht man diese Knorpel auf senkrecht geführten Schnitten, so kann man ohne Schwierigkeit wahrnehmen, dass jene Zellen an der Ossificationsgrenze, welche zu Zellsäulen angeordnet erscheinen, gegen den Knochen zu immer der Grundsubstanz ähnlicher und ihre Contouren undeutlicher werden, bis sie von der Intercellularsubstanz nicht mehr zu differenciren sind.

In solchen Fällen lässt sich aber auch hier oft noch ein beträchtliches Stück der zu Grundsubstanz gewordenen Zellsäule mit Eosin nachweisen.

Ganz analoge Verhältnisse lassen sich auch im Skleraknorpel der Fische constatiren. — Auch hier kommen die seit langem

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

bekannten zellenlosen Partien des Knorpels zum Theile in ähnlicher Weise wie in den Gelenksknorpeln der Frösche zu Stande. Es kann dem Mitgetheilten zufolge keinem Zweifel unterliegen, dass ganze Zellcomplexe der sogenannten chondrogenen Metamorphose anheim fallen können. Die in solcher Weise gebildeten zellenlosen oder zellenarmen Partien von Grundsubstanz sind es, welche sich nach dem von Fürstenberg und Heidenhain angegebenen Verfahren nicht in Zellterritorien zerlegen lassen.

II. Umwandlung der Oberflächen von Knorpelzellen zu Grundsubstanz.

Schon die Thatsache, dass Knorpelzellen in toto zu Grundsubstanz umgewandelt werden können, legt die Annahme nahe, dass auch einzelne Theile der Zellen, wie ihre Oberflächen der chondrogenen Metamorphose fähig seien.

Meine Untersuchungen von Netzknorpeln der Kaninchen lehren nun, dass diess thatsächlich der Fall ist.

Untersucht man den Ohrknorpel von erwachsenen, aber nicht alten Kaninchen nach Alkoholhärtung und Aufhellung in Nelkenöhl, so kann man gewahr werden, dass die dicht an einander stehenden, grossen Zellen desselben entweder von einer oder von zweien oft sogar von drei Kapseln umgeben werden. Man kann mit voller Klarheit den mächtig entwickelten, zart granulirten, gekernten Zellleib[1], um ihn herum einen schmalen Retractionsraum, dann nach Aussen von diesem die concentrisch gelagerten, hell glänzenden Kapseln unterscheiden. Die Contouren der innersten Kapseln erscheinen am schärfsten ausgeprägt, während die mehr nach Aussen gelegenen einer deutlichen Abgrenzung sowohl gegeneinander, wie auch gegen die Grundsubstanz bald mehr bald weniger entbehren.

Bei älteren Thieren erscheinen die Kapseln je einer Zelle in der Regel undeutlich contourirt und sie umfassen dann die Zelle in Form einer concentrisch gestreiften dicken Schale. Diese Schalen sind in der Literatur unter dem Namen „concentrisch geschichtete Kapseln“ bekannt.

---

[1] Die Zellen enthalten oft grosse Fetttropfen.

An vielen Schalen lässt sich die concentrische Zeichnung nicht mehr nachweisen und die Zellen werden dann auf Durchschnitten von breiten Ringen, die als Grundsubstanz imponiren, umgeben.[1]

Endlich erscheinen in Knorpeln alter Thiere auch die Ringe benachbarter Zellen oft undeutlich von einander geschieden. In solchen Fällen liegt dann eine continuirliche Grundsubstanz vor, in der stellenweise Zellen eingetragen sind.

Reactionen mit Carmin oder Eosin ergeben, dass die zu innerst gelegenen Kapseln sich in dem Farbstoffe nahezu eben so tief wie der Zellleib färben, während die äusseren Schalen oft vollkommen ungefärbt bleiben. Hämatoxylin hingegen färbt die äusseren Schalen intensiver als die dem Zellleibe anliegenden Kapseln.

Je undeutlicher die Contourirung der Kapseln ist, um so tiefer färben sich dieselben in Hämatoxylin und um so schlechter in Eosin.

Aus diesen Angaben ist zu ersehen, dass die Zellen der Ohrknorpel von Kaninchen um sich herum Systeme von Kapseln erzeugen, dass die Kapseln zu dicken Schalen confluiren und dass dieselben dabei der Carmin- und Eosinreaction zufolge dem Protoplasma immer mehr und mehr unähnlich, der Hämatoxylinreaction zufolge aber der Grundsubstanz immer ähnlicher werden, bis sie chemisch und optisch von der Grundsubstanz nicht mehr unterschieden werden können.

Die Grundsubstanz des Knorpels wird somit auf zweifache Weise gebildet. Das einemal schreitet die chondrogene Metamorphose von der Oberfläche der Zelle successive und gleichmässig gegen das Centrum der Zelle vor — es kommt zur Bildung von Kapseln — das anderemal wandelt sich die Zelle oder Theile derselben gleichzeitig in ihrer ganzen Dicke in Grundsubstanz um.

III. Bildung von Knorpelgrundsubstanz durch Umwandlung von Zelloberflächen und von ganzen Zellen.

Die eben beschriebenen zwei Bildungstypen der Grundsubstanz sind aber principiell von einander nicht verschieden. Denn

[1] Die elastischen Fasernetze sollen hier nicht besprochen werden.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

es gibt Knorpel, in denen beide Arten der chondrogenen Metamorphose an einer und derselben Zelle gleichzeitig beobachtet werden können. Es sind dies Diaphysenknorpel von jugendlichen Säugethieren, und zwar jene Antheile derselben, welche nahe dem Perichondrium liegen und zu einer Zeit, bevor der epiphysäre Ossificationspunkt zur Entwicklung gelangt ist.

Diese Knorpel sind aber noch nach einer anderen Richtung von Interesse. Man wird nämlich durch das Studium derselben in die Lage gesetzt, sichere Beobachtungen über das Entstehen von sogenannten „nackten Kernen" zu machen.

Ich habe hierüber Folgendes mitzutheilen:

Bekanntlich kommen in diesen Knorpeln Zellen vor, welche ihrer Form nach den gewöhnlichen Bindegewebszellen sehr nahe stehen. Sie sind, wie Heitzmann und Kassowitz gezeigt haben, bald spindel-, bald sternförmig und oft mit deutlichen, schon ohne besondere Präparationsmethoden sichtbaren Ausläufern ausgestattet. Durch Untersuchung von zellenärmeren Partien dieser Knorpel lässt sich besonders leicht an mit Eosin und Hämatoxylin[1] gefärbten Präparaten constatiren, dass der Leib der spindelförmigen Zellen dünner, schlanker geworden ist. Eine genauere Untersuchung lehrt aber, dass jede der schmäler gewordenen Spindelzellen von einem hyalinen Hofe umgeben werde, welcher besonders leicht an Querschnitten von Zellen als eine die Zelle allseitig umgebende Hülse zu erkennen ist. In der Regel gestaltet sich das Verhältniss der Hülsen zu den von ihnen umschlossenen Zellen derart, dass je schmaler die Zellspindel, desto dicker die Hülse erscheint (Fig. II und III).

Besonders interessant sind diese Verhältnisse an den längeren Spindelzellen. Nicht selten stösst man darunter auf solche, welche sich gegen die eine Spitze hin plötzlich fadenförmig verjüngen. Diese Verjüngung wird aber wettgemacht durch eine Hülse, welche in demselben Verhältnisse als der Zellleib dünner wird, sich verdickt (Fig. IV*a*).

Es gibt des Weiteren Zellen, und auf diese will ich hier besonders aufmerksam machen, bei denen die Dicke der Hülse

[1] Der Zellleib erscheint bei Anwendung dieser Doppelfärbung roth, die Zellkerne tief blau, die Grundsubstanz leicht blau gefärbt.

derart zugenommen hat, dass der fadenförmige Zellleib nur mehr mit Mühe oder überhaupt nicht mehr nachzuweisen ist (Fig. VI). Des Ferneren findet man spindelförmige Zellen, deren Zellleib an dem einen Pole sich in Allem wie Protoplasma verhält (Fig. V *a*), während der andere Theil der Zelle vollends in eine solide „Hülse" umgewandelt erscheint (Fig. V *b*).

An Stellen, welche sich durch ihre Zellenarmuth besonders auszeichnen, kann man ferner spindelförmiger, heller Zeichnungen gewahr werden, welche ihrer Form und Vertheilung gemäss vollkommen den in Hülsensubstanz umgewandelten Knorpelzellen entsprechen.

Die Contouren dieser Zeichnungen erscheinen an anderen Stellen des Präparates matt, die Helligkeit der spindelförmigen Felder geringer. Diese Merkmale machen die spindelförmigen Gebilde oft der Grundsubstanz so ähnlich, dass sie von ihr nicht mehr zu unterscheiden sind.

Bei der eben beschriebenen Zellmetamorphose zeigen die Zellkerne zuweilen ein bemerkenswerthes Verhalten.

Untersucht man jene aus Hülsensubstanz bestehenden spindelförmigen Gebilde in Hämatoxylinpräparaten, so gelingt es häufig in den Hülsen einen Körper nachzuweisen, welcher der tiefblauen Färbung und seiner Structur wegen für einen Zellkern gedeutet werden muss (Fig. IV *b*). Da oft um die Kerne auch nicht die geringste Andeutung eines Zellleibes nachweisbar ist, so müssen des Weiteren diese Kerne als „nackte Kerne" aufgefasst werden.

Oft ereignet es sich, dass Hülsen, welche noch deutliche Zellkerne enthalten, ihrer scharfen Contourirung und ihrer Helligkeit verlustig gehen. In solchen Fällen scheinen dann die nackten Kerne unmittelbar von der Knorpelgrundsubstanz umgeben zu werden.

Über die feineren Veränderungen der Zellen bei der chondrogenen Metamorphose habe ich Folgendes mitzutheilen.

Untersucht man einen Gelenksknorpel des Frosches nach der von mir angegebenen Alkoholmethode, so kann man ohne Schwierigkeit warnehmen, dass der Leib jener Zellen, welche die Merkmale der Grundsubstanz anzunehmen im Begriffe sind, aber

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

von derselben noch deutlich abgegrenzt erscheinen, aus einem äusserst engmaschigen, zierlichen Netz- oder Balkenwerke und einer zart granulirten, die Maschen des Netzes, erfüllenden Substanz besteht. Das intracellulare Netzwerk geht allseitig durch die Zellkapsel hindurch ununterbrochen in die von mir in einer früheren Abhandlung [1] beschriebenen, die Grundsubstanz durchziehenden Protoplasma-Fäden über und verhält sich in seinen physikalischen Eigenschaften genau wie diese. Das intracellulare Netz muss demgemäss dem System von Zellausläufern als äquivalent, das heisst als ein protoplasmatisches Netz angesehen werden. In jenen Zellen, welche gegen die Grundsubstanz hin nunmehr undeutlich abgegrenzt werden, erscheint das intracellulare Netz schärfer und deutlicher contourirt, und sein Zusammenhang mit den die Grundsubstanz durchziehenden Zell-Ausläufern ist mit Leichtigkeit wahrzunehmen. Es gewinnt dann förmlich den Anschein, wie wenn jene die Grundsubstanz durchziehenden Zellausläufer in den Leib der netzförmig gezeichneten Zellen eindringen und sich hier in Form von Netzen verzweigen würden.

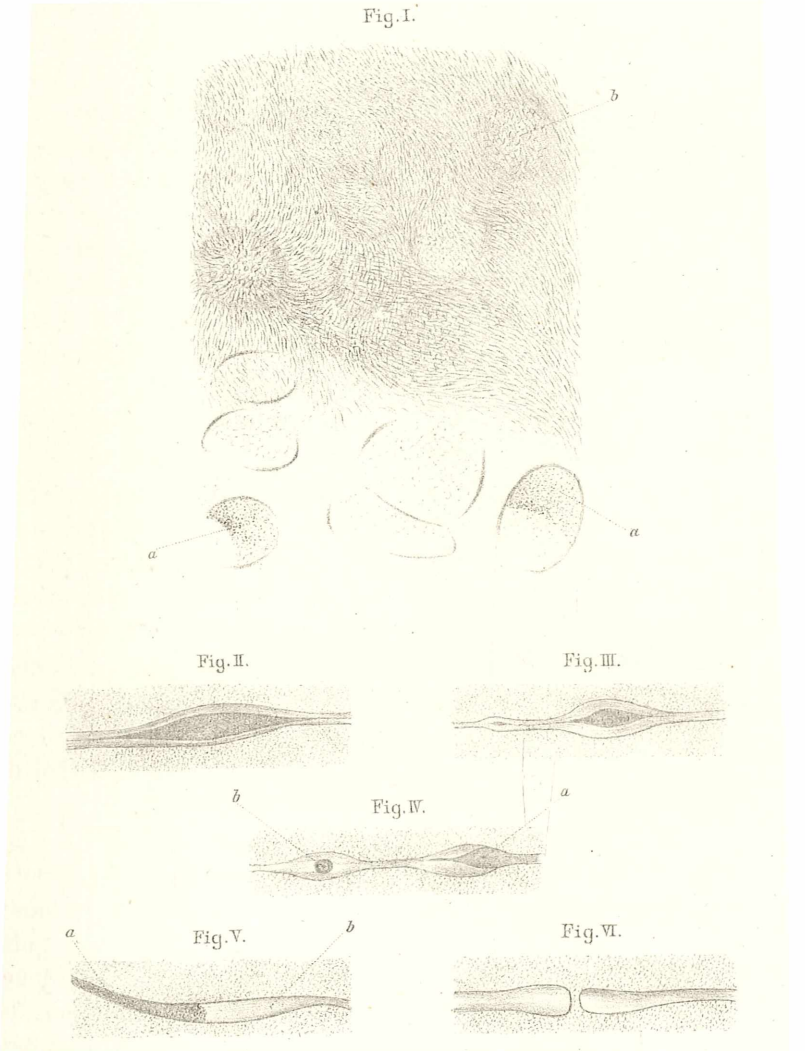
Es kommt also in jenen Zellen, welche zu Knorpelgrundsubstanz umgestaltet werden sollen, zu einer in Alkoholpräparaten nachweisbaren Differenzirung in eine netzförmig angeordnete Masse und eine die Maschen dieses Netzes ausfüllende Substanz. Die erstere persistirt, als ein protoplasmatisches Netzwerk, welches allseitig in die Zellausläufer der benachbarten Zellen übergeht, während die Maschen dieses Netzwerkes erfüllende Substanz nach beendeter Zell-Metamorphose die Charactere der Knorpelgrundsubstanz deutlich zu erkennen gibt.

Das intracellulare Netzwerk bleibt aber nicht in der ursprünglichen Form erhalten. Denn die Untersuchung von zellenlosen Knorpelpartien lehrt, dass dieselben von parallel zu einander gelagerten und zu Büscheln angeordneten Protoplasmafäden durchsetzt werden. Es muss daher die netzförmige Anordnung jener intracellularen Netzwerke bei der weiteren Entwicklung der Grundsubstanz Umbildungen erfahren haben. Den Alkoholpräparaten zufolge bestehen diese Veränderungen darin, dass das engmaschige und reichbalkige Netz sich in ein weitmaschiges

[1] Über die Saftbahnen des hyalinen Knorpels. D. B.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Spina: Bildung der Knorpelgrundsubstanz



Lez. v. Verf. u. Dr. J. Heitzmann. lith. v. Dr. J. Heitzmann. K. k. Hof- u. Staatsdruckerei

Sitzungsb. d. k. Akad. d. W. math. nat. Cl. LXXXI. Bd. III. Abth. 1880.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

und balkenarmes Netz mit mehr oder weniger parallel zu einander gelagerten Balken umwandelt. Die weitergewordenen Netzmaschen werden nach wie vor von Knorpelgrundsubstanz ausgefüllt. Es scheinen demgemäss die Maschen dadurch weiter geworden zu sein, dass einzelne Balken des Netzes sich nachträglich in Grundsubstanz umgewandelt haben.

Verhältnisse analoger Art lassen sich auch an den spindelförmigen mit Hülsen versehenen Zellen der vorher erwähnten Diaphysenknorpel nachweisen. Aus dem Leibe dieser Zellen oder aus den nackten Kernen entspringen zahlreiche Ausläufer, welche die Hülse durchsetzen und mit den Ausläufern benachbarter Zellen Verbindungen eingehen. Auch jene nur aus Hülsensubstanz bestehenden spindelförmigen Gebilde, werden von einem protoplasmatischen Netzwerke durchsetzt. Es wird demnach auch in diesen Fällen nicht der ganze Zellleib zu Grundsubstanz umgewandelt, sondern gewisse Theile desselben bleiben in Form eines protoplasmatischen Faden- oder Netzwerkes erhalten.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. I. Zellen aus einem Gelenksknorpel des Frosches. Alkoholpräparat.
Fig. II—VI. Spindelförmige Knorpelzellen aus einem Diaphysenknorpel eines 3 Wochen alten Hundes. Glycerinpräparate.